

令和 3 年 6 月 1 日現在

機関番号：11501

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2020

課題番号：17K06184

研究課題名（和文）渦糸ソリトンによる高速火炎伝播という新概念に基づく燃焼制御可能性の探究

研究課題名（英文）Exploration of Combustion Control Possibility Based on New Concept of High-Speed Flame Propagation by Vortex Filament Soliton

研究代表者

篠田 昌久 (Shinoda, Masahisa)

山形大学・大学院理工学研究科・准教授

研究者番号：80292241

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では「渦糸ソリトンによる高速火炎伝播」というボルテックス・パースティング現象の新しいコンセプトを用いて「渦の制御による燃焼の制御」の可能性を探究した。前半の1年目と2年目には、乱流場中で起こっていると考えられる渦の伸長と合体を想定し、それぞれの場合の渦に沿った火炎伝播速度を数値シミュレーションによって調査した。また後半の3年目と4年目には、前半に得られた新しい乱流燃焼モデル（乱流燃焼速度の新しい近似理論式など）に基づき、数値シミュレーションと理論的考察によって乱流燃焼場の制御可能性などについて検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

過去のボルテックス・パースティング研究の多くは「圧力差による高速火炎伝播」という従来型の発想に基づくものであったが、本研究では「渦糸ソリトンによる高速火炎伝播」という新しいコンセプトを用いる点に最大の特徴がある。国内・国外ともに前例のない独創的研究であり、チャレンジする学術的意義は大きい。また乱流燃焼場の物理的理解、そして乱流燃焼場の予測・制御のための技術開発などに役立つと期待され、エネルギー・環境問題のような課題解決への貢献という点で社会的意義も大きいと考えられる。

研究成果の概要（英文）：In this study, we explored the possibility of "combustion control by vortex control" using a new concept of "high-speed flame propagation by vortex soliton" in vortex bursting phenomenon. In the first and second years of this study, we assumed the stretching and merging of vortices that are thought to occur in turbulent flow, and investigated the flame propagation speed along the vortices by numerical simulation. In the third and fourth years of this study, we examined the control possibility of turbulent combustion by numerical simulations and theoretical considerations, based on the new turbulent combustion model (the new approximate theoretical formula of turbulent burning velocity etc.) obtained in the first and second years of this study.

研究分野：流体力学，燃焼学

キーワード：ボルテックス・パースティング 渦 渦糸ソリトン 火炎 火炎伝播速度 乱流燃焼 近似理論式 数値シミュレーション

## 1. 研究開始当初の背景

燃料と空気の予混合気中の渦に点火した場合、渦に沿って火炎が高速伝播することが知られており、ボルテックス・バースティング現象と呼ばれている。この現象のメカニズムとしては、Chomiak (1976)の「圧力差による高速火炎伝播」がある。これは火炎前後の圧力差が火炎を前方に駆動するというものである。その後、本研究の研究代表者(1993)によって「渦糸ソリトンによる高速火炎伝播」のアイデア・仮説が新たに提案された(図1)。これは火炎の熱膨張効果などによってラセン状の渦糸(渦糸ソリトン)が形成され、その渦糸ソリトンの誘起速度が火炎を前方に駆動するというものである。さらに本研究の研究代表者や研究分担者らのグループはそのアイデア・仮説の検証も行い(図2)、燃焼学分野の独創的・基礎的な研究成果を出してきた。そこでその研究成果を用いた燃焼制御の可能性など、工学的・応用的な可能性も探りたいと考えたのが本研究の背景である。

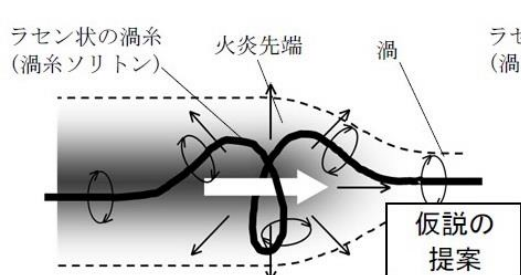


図1 渦糸ソリトンによる高速火炎伝播のアイデア・仮説

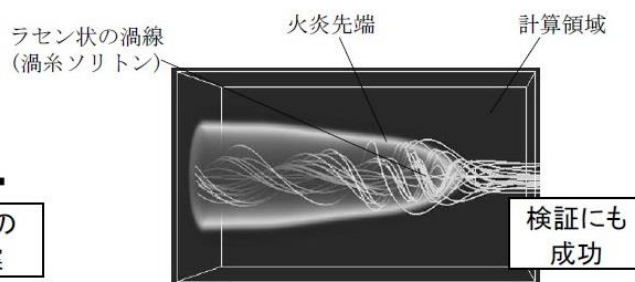


図2 渦糸ソリトンによる高速火炎伝播の検証

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、研究代表者や研究分担者らのグループによって見出された「渦糸ソリトンによる高速火炎伝播」というボルテックス・バースティング現象の新しいコンセプトが燃焼制御にも応用できるかどうかを探ることであり、「渦の制御による燃焼の制御」の可能性を探ることである。

## 3. 研究の方法

本研究の方法としては、燃焼場の方程式の数値シミュレーション(数値流体力学, CFD)と簡単な理論的考察を主に用いた。

## 4. 研究成果

本研究の成果として、前半の1年目と2年目には、乱流場中で起こっていると考えられる渦の伸長と合体を想定し、それぞれの場合の渦に沿った火炎伝播速度を数値シミュレーションによって調査した。また後半の3年目と4年目には、前半に得られた新しい乱流燃焼モデル(乱流燃焼速度の新しい近似理論式など)に基づき、数値シミュレーションと理論的考察によって乱流燃焼場の制御可能性などについて検討した[1, 2]。

本研究の特色や意義としては、過去のボルテックス・バースティング研究の多くは「圧力差による高速火炎伝播」という従来型の発想に基づくものであったが、本研究では「渦糸ソリトンによる高速火炎伝播」という新しいコンセプトを用いる点に最大の特色がある。国内・国外ともに前例のない独創的研究であり、チャレンジする学術的意義は大きい。また乱流燃焼場の物理的理解、そして乱流燃焼場の予測・制御のための技術開発などに役立つと期待され、エネルギー・環境問題のような課題解決への貢献という点で社会的意義も大きいと考えられる。

<参考文献>

1. 甲谷英, 高山貴史, 篠田昌久, 山下博史, ボルテックス・バースティングの火炎伝播速度に及ぼす渦の伸長と合体の効果と燃焼制御可能性, 第 57 回燃焼シンポジウム講演論文集, 2019 年.
2. 藤野未紗樹, 篠田昌久, 山下博史, ボルテックス・バースティングにおける火炎伝播速度の近似理論式の検討, 第 57 回燃焼シンポジウム講演論文集, 2019 年.

ほか数件.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 渡邊蒼生, 篠田昌久, 山下博史
2. 発表標題 ボルテックス・パースティングにおける渦最大周方向速度と火炎伝播速度の関係
3. 学会等名 第58回燃焼シンポジウム講演論文集
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 青木佑太, 藤野未紗樹, 篠田昌久, 山下博史
2. 発表標題 ボルテックス・パースティングと火災旋風における渦力学的な構造
3. 学会等名 第58回燃焼シンポジウム講演論文集
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 甲谷英, 高山貴史, 篠田昌久, 山下博史
2. 発表標題 ボルテックス・パースティングの火炎伝播速度に及ぼす渦の伸長と合体の効果
3. 学会等名 日本機械学会2019年度年次大会講演論文集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 甲谷英, 高山貴史, 篠田昌久, 山下博史
2. 発表標題 ボルテックス・パースティングの火炎伝播速度に及ぼす渦の伸長と合体の効果と燃焼制御可能性
3. 学会等名 第57回燃焼シンポジウム講演論文集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤野未紗樹, 篠田昌久, 山下博史
2. 発表標題 ボルテックス・パースティングにおける火炎伝播速度の近似理論式の検討
3. 学会等名 第57回燃焼シンポジウム講演論文集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高山貴史, 佐藤智仁, 篠田昌久, 山下博史
2. 発表標題 ボルテックス・パースティングの火炎伝播速度に及ぼす渦の伸長と合体の影響
3. 学会等名 第56回燃焼シンポジウム講演論文集
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高山貴史, 佐藤智仁, 篠田昌久, 山下博史
2. 発表標題 ボルテックス・パースティングの火炎伝播速度に及ぼす渦核直径の影響
3. 学会等名 日本機械学会東北支部第53期秋季講演会講演論文集
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高山貴史, 佐藤智仁, 篠田昌久, 山下博史
2. 発表標題 ボルテックス・パースティングの火炎伝播速度に及ぼす渦核直径の影響
3. 学会等名 第55回燃焼シンポジウム講演論文集
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 増子雄太, 篠田昌久, 山下博史
2. 発表標題 ポルテックス・パースティングにおける渦の誘起速度と火炎の膨張速度の評価
3. 学会等名 第55回燃焼シンポジウム講演論文集
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	山下 博史  (Yamashita Hiroshi)  (40111835)	公益財団法人名古屋産業科学研究所・研究部・上席研究員    (73905)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------